رسائل جغرافية
٣١٣

تطور النمذجة العمرانية وعلاقتها بنظم المعلومات الجغرافية

د. علي بن معاضة الغامدي
أستاذ نظم المعلومات الجغرافية والخرائط المشارك
قسم الجغرافيا - جامعة الملك سعود

د. طاهر بن عبد الحميد لدرع
أستاذ التخطيط المشارك
قسم التخطيط - جامعة الملك سعود

جمادى الأولى ١٤٢٧هـ
يونيو ٢٠٠٦م

طبعت بدعم كريم من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

بسم الله الرحمن الرحيم

تطور النمذجة العمرانية وعلاقتها بنظم المعلومات الجغرافية

د. علي بن معاضة الغامدي

د. طاهر بن عبدالحميد لدرع

١ - مقدمة:

تهتم كل من النمذجة العمرانية (Urban Modeling) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) بتمثيل الظواهر العمرانية وحصر عناصرها وتتبع تغير الأنشطة والاستخدامات العمرانية. إلا أنه بالرغم من كونهما تهتمان بنفس موضوع الدراسة فإن تطور وتطبيق التقنيتين (تقنية النظم الجغرافية وتقنية النمذجة العمرانية) تم وفق مسارين منفصلين طيلة فترتي الستينيات والسبعينيات من القرن الميلادي الماضي. وقد أثبتت تجربة هذين العقدين أن كلا التقنيتين عاجزتان عن الإحاطة بتغيرات الظاهرة العمرانية إذا ما أخذتا مستقلتين منفصلتين. فهما إذا بحاجة لبعضهما البعض وكل واحدة منهما تكمل الأخرى. فتكنولوجيا النظم تعاني من قصور في مقدرتها على إعداد نماذج عمرانية ملائمة وإجراء تحاليل معمقة عن استعمالات الأراضي (Land uses) وتطورها. وهذا ما دفع بكثير من الباحثين إلى اللجوء لتقنيات التحليل والنمذجة (Modeling) والمحاكاة العمرانية (Urban Simulation) لتقويم هذا القصور. أما تقنية النمذجة العمرانية فإنها تعاني من جانبها عجزا في إدارة

البيانات وضبط المعطيات وتحديدها وتحليلها مكانيا. وعلى هذا فقد بدت الحاجة ملحة عندئذ للربط بين خصائص وقدرات التقنيتين حتى تعضد كل منهما الأخرى وتغطي كل منهما قصور الأخرى. وقد تم الشروع فعلا في الجمع بين خصائص التقنيتين خلال عقدي الثمانينيات والتسعينيات من القرن الماضي. فإذا كانت تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية قوية في جمع المعلومات وإدارة البيانات وتحليلها فإن النمذجة العمرانية تقدم القوانين والمعادلات التي تضبط وتحاكي الظواهر العمرانية وتتحكم فيها وتفسر آلية اشتغالها. فباندماج التقنيتين واتحادهما حصل تطوير وارتقاء بهما معا وأصبح بالإمكان القيام بعمليات أكثر تعقيدا بخصوص تمثيل الظواهر العمرانية وتحليلها وإجراء تقنية محاكاتها والتنبؤ بتوقعات أنماطها وأشكالها المستقبلية. إن ضبط عملية المحاكاة العمرانية وتحسين كفاءتها في استشراف مستقبل الظواهر العمرانية له أثر عظيم في صياغة القرارات التخطيطية الرشيدة واتخاذ القرارات السليمة التي تعمل على تقويم البيئة العمرانية ورفع أدائها وحل مشاكلها.

١ . ٢ . أهمية الدراسة :

تكمن أهمية هذه الدراسة في كونها دراسة تحليلية للنمذجة العمرانية وعلاقتها بتقنية النظم الجغرافية وتطورهما معا. فهي بهذا تساعد المختصين والمهتمين في الشأن العمراني وقضايا التخطيط ونظم المعلومات الجغرافية وتعينهم على فحص الظواهر العمرانية بعين جديدة تربط بين مزايا النمذجة والنظم في آن واحد. فالمكتبة العربية تفتقر بشدة لبحوث في هذا الميدان والكتابة في هذا التخصص تكاد تكون نادرة. ومن هنا فإن هناك أمل في أن تساهم هذه الورقة في بعث الاهتمام بهذا الموضوع وتحفز مهتمين آخرين ليقوموا بالبحث فيه بغية سد هذا النقص وتغطية هذا العجز.

وعليه فإن الباحثين، بحكم التخصص، يأملان بأن يكون التقديم لهذا الموضوع حافزاً للمهتمين في هذه المجالات في أن يبحثوا بجدية في ميدان النظم والنمذجة الرقمية بإستخدام التقنيات الحديثة، إذ أن معظم الأبحاث باللغة العربية في مجال دراسات التخطيط بالذات ما تزال تزخر بالطرق التقليدية التي لم تعد ملائمة لمتطلبات التخطيط الحديثة دراسةً وتطبيقاً.

١ . ٣ . أهداف الدراسة :

تهدف هذه الورقة إلى:

١ - بحث المنطلقات النظرية التي أسست لعملية النمذجة العمرانية وعرض النظريات الجديدة التي ستقود هذه العملية مستقبلا وتطورها.

٢ - إستعراض التطبيقات الخاصة بالنمذجة كطريقة فعالة في التحليل في الدراسات العمرانية وطرق توظيفها في نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وماهي المشاكل المرتبطة بالنظم كمفهوم وكتقنية، وطبيعة التزاوج أو الإندماج بين النظم العمرانية ونظم المعلومات الجغرافية.

٣ - مناقشة الإتجاهات البحثية الحديثة والمستقبلية للنمذجة العمرانية من وجهة نظر علوم نظم المعلومات الجغرافية Geographical Information Science (GISci).

٤ -عرض المبادئ والأسس التي تتحكم في عملية النمذجة لاستعمالات الأراضي ودورها في المحاكاة العمرانية Urban simulation.

٥ - عرض طبيعة النماذج الحديثة التي تلائم محاكاة المدينة الرقمية لعصر المعلومات وبحث ما يفرقها عن المدينة التقليدية ونماذجها.

٢. منهجية الدراسة :

يقوم منهج هذه الدراسة على التحليل الوصفي المقارن من خلال استعراض منظم لمفهوم النمذجة وتطبيقاتها في الدراسات العمرانية وعلاقتها بنظم المعلومات الجغرافية. كما ستقوم الورقة بعرض مختصر للمنطلقات الفكرية والأسس النظرية التي قامت عليها مختلف النماذج خلال تطورها التاريخي وكذا النظريات البديلة التي يتوقع لها أن تسود مستقبلا وتقود عملية النمذجة والمحاكاة لمدينة المستقبل أي المدينة الرقمية لعصر التكنولوجيا والمعلومات. لهذا، سيكون ترتيب المحاور والمواضيع بشكل متدرج مرتبط تاريخياً بتطور النظم والنماذج والعلاقة فيما بينها، أملاً أن تفي بالغرض من التقديم لهذا الموضوع الحيوي في حدود متطلبات ورقة علمية بهذا الحجم والشكل.

٣. عرض ومناقشة :

٣. ١ . النمذجة : مفهومها وتطورها :

إن النموذج هو تمثيل شكلي لنظرية ما. فالنموذج هو إذا عملية تجريدية لتقريب الواقع للباحثين وتسهيل فهمه. بهذا المعنى، يكون النموذج محاولة لتبسيط الواقع المعقد بشكل يصبح معه سهل الاستيعاب والتحليل. وتهتم النمذجة العمرانية تحديدا بتمثيل النظريات المتعلقة بتطور تغيرات استعمالات الأراضي في المناطق الحضرية والعمرانية. فمن خلال النموذج يستطيع الباحث أن يصف ويشرح ويتنبأ و يخطط للظاهرة التي يبحث فيها (Wegener, 2000).

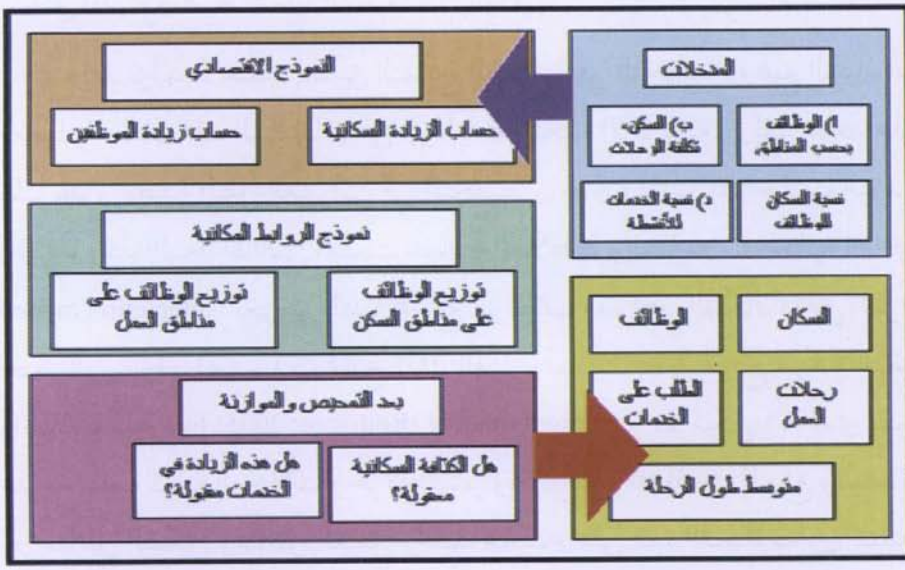
ظهرت النمذجة العمرانية في فترة الخمسينيات من القرن الميلادي الماضي، والتي تميزت بسيطرة حركة الحداثة Modern Movement المبنية على مبادئ العقلانية Rationalist approach التي هيمنت على كافة مناحي الحياة في

المجتمعات الغربية . ولم يكن التخطيط ليشذ عن هذه القاعدة فقد تأسست نظريته على مبدأ العقلانية وجاءت النماذج لتكرس هذا المبدأ وتمجد منهج العقلانية في التخطيط . ولقد ساد الاعتقاد حينئذ بأن النماذج هي الأداة الأفضل لفهم آليات اشتغال الظواهر العمرانية والتنبؤ بتطورها واتجاهاتها المستقبلية . وعقدت على النماذج آمال كبيرة لفهم ظاهرة التمدن والتوسع العمراني وامتداداته طيلة فترتي الخمسينيات والستينيات . وقد ساد الاعتقاد آنئذ أن النماذج كفيلة بالمساعدة في وضع السياسات التخطيطية التي ستحل كافة مشاكل المدينة وتضبط عملية التنمية العمرانية فيها .

ولقد تزايد الاهتمام بتطبيق النماذج العمرانية في التخطيط ووضع السياسات العمرانية خلال عقد الستينيات في الولايات المتحدة الأمريكية . ولقد ساعد على ذلك تطور أنظمة النقل العمراني في التخطيط والحاجة للتنبؤ بالرحلات اليومية وغيرها وكذا البحوث التي اهتمت بنماذج العلاقات والتفاعلات المكانية Spatial interaction models بغرض التنبؤ بمواقع الوظائف ومواطن السكان داخل الفراغ العمراني . وقد اعتمدت نماذج تلك الفترة أساسا على نموذج مركز الثقل والجاذبية للوري) Lowry gravity model (Rodrigue; 2005) شكل ١) الذي يقوم على حساب كمية الرحلات وحركة البشر والآليات والتدفقات للسلع والبضائع بين مناطق السكن ومناطق العمل والصناعة بناء على قوة التجاذب بين كتلتين عمرانيتين .

ولقد كان الاهتمام الكبير أثناء هذه الفترة يتركز أساسا على إشكالية تحديد الطاقة الاستيعابية للطرقات بغية اتخاذ قرارات تخطيطية بغرض تحقيق انسيابية أكبر والتخفيف من الاختناقات المرورية . إلا أنه مع بداية السبعينيات وحتى الثمانينيات ظهرت دعاوى وضغوط المهتمين بالبيئة وسلامة المحيط للحد من تلوث البيئة مما أدى لتغير في التوجهات التخطيطية والأهداف والسياسات

العمرانية . وهو ما يعني إدخال تعقيدات أكبر في النماذج العمرانية لتستوعب كل هذه المتغيرات الجديدة . وكان لابد للسياسات العمرانية الجديدة أن تهتم أكثر بتعدد وسائل النقل والمواصلات وتدعيم الحركة غير الميكانيكية وطرق المشاة وسياسات جديدة في توزيع الاستعمالات كالموازنة ما بين الاستعمالات السكنية واستخدامات الأنشطة والوظائف والحدود العمرانية (UGB) . لقد تبين أن النماذج المبسطة السائدة آنذاك كانت تعاني قصورا حادا في استيعاب كل هذه التعقيدات .



شكل ١ : نموذج لوري **Lowry Model** **(Rodrigue; 2005)** بتصرف

لم تقتصر مشاكل النماذج على عدم إحاطتها بوسائل النقل المتنوعة والاستخدامات المتعددة بل تعدتها لمشاكل تقنية عويصة . فقد وجهت انتقادات عديدة لعمليات النمذجة بسبب الإشكالات التقنية في صياغة برامج كمبيوتر مناسبة وتوفر حواسيب ضخمة وكذلك بسبب ضعف الأسس النظرية لعملية النمذجة وبشكل خاص عدم اكتمال نظرية السلوك الإنساني وكيفية التنبؤ به .

ومع ظهور مبدأ المشاركة الشعبية في العملية التخطيطية Public participation in planning أصبحت السياسات العمرانية ليست حكرا لفئة محددة تصوغها منفردة بل هناك عدة أطراف متضاربة المصالح تحاول أن تدلي بدلوها مما عقد أمر وضع السياسات واتخاذ القرارات التخطيطية وهذا ما انعكس بتعقيدات أكبر على عملية النمذجة العمرانية برمتها.

ولعل هذه الإشكالات مجتمعة والتي تزامن ظهورها مع فترة السبعينيات دفعت بكثير من الباحثين والمهتمين إلى الحكم على النماذج بأنها لم تحقق النجاح المأمول في فهم ظاهرة المدينة وقضاياها. وبدأت حينها أصوات تتعالى مفادها أن النماذج قد ولى زمانها وأفل نجمها وأثبتت محدوديتها وعجزها عن استيعاب الظواهر العمرانية. وفي هذا الإطار ترى كوكليليس (Couclelis, 1993) أن تراجع وانحسار دور النماذج مرجعه تراجع تيار الحداثة Modernism والفكر الحداثي في التخطيط. فالتخطيط العمراني في بداياته كان وليد حركة الحداثة ومؤسسا على العقلانية Rationalityوما عملية النمذجة إلا أداة لتكريس هذه العقلانية في التخطيط. وحيث أن نظرية التخطيط بدأت تحيد عن العقلانية وعن الحداثة فإنه لم يعد يُعَول كثيرا على النماذج كأداة فعالة في التخطيط الذي لم تصبح العقلانية عاملا رئيسا وحاسما فيه.

وحيث أن تيار ما بعد الحداثة Post-modern movement in planning هو الذي بدأ يكتسح ساحة التخطيط، فإن المستقبل لن يكون للنماذج التي هي وليدة الحداثة وإنما لنظم المعلومات الجغرافية على اعتبار أنها وليدة ما بعد الحداثة Post-modernism. وعليه فإنه بسبب هذا التناغم والتوافق في الأسس الفكرية والمنطلقات النظرية لتقنية النظم وعلم التخطيط فإن الأجدر الاهتمام بتطوير تطبيقات هذه التقنية في التخطيط وعدم مضيعة الوقت في آلية النمذجة لأنها أصبحت شيئا من الماضي.

أما لي (Lee, 1973) فإنه ذهب إلى حد أبعد من كوكليليس حين لم يكتف بالحكم على تراجع دور النمذجة في التخطيط بل ألقى كلمة التأبين الأخيرة (Requiem for large scale models) على النمذجة العمرانية معلنا نهاية أي دور لها في مجال التخطيط العمراني. ويرى لي أن اتساع الهوة بين النماذج والواقع المتغير لممارسة مهنة التخطيط أدى إلى عجز النماذج في أن تستجيب للتطورات الحاصلة في حقل التخطيط. فالنماذج تعكس طغيان الفكر البيروقراطي التقنوقراطي الشمولي في التخطيط في حين أن نظرية التخطيط بدأت تبتعد عن هذه المفاهيم نحو مشاركة شعبية Public participation in planning أكبر للمعنيين بالعملية التخطيطية ولكافة أصحاب المصالح فيها. ويُرجع لي Lee قصور النماذج لعدة عوامل منها شمولية النماذج واعتمادها على قدر كبير من المعطيات وضعف الأسس النظرية التي قامت عليها وشدة التعقيد فيها ثم التكاليف الباهظة التي تنتج عنها.

لا شك أن تطور نظرية التخطيط ساهم إلى حد بعيد في تدني دور النماذج في التخطيط. فمع فترة عقد السبعينيات تراجعت هيمنة دور تيار العقلانية في التخطيط المبني على الشمولية لصالح دور أكبر للتخطيط التدريجي Incrementalist planning وفق مبدأ الخطوة خطوة الذي يعير القضايا المحلية والاعتبارات الجزئية اهتماما أكبر. كل هذه التطورات ساهمت في كبح جماح النمذجة العمرانية والحد من طموحها المفرط في تفسير الظواهر العمرانية وحصرها، إلا أنه مع مجيء فترة الثمانينات بدأت تتوافر المعطيات عن المدن الحديثة بغزارة كما تزامن ذلك مع بداية انتشار استعمال الكمبيوتر في معالجة البيانات مما ساهم إلى حد كبير في تغلب النماذج على كثير من الانتقادات الموجهة لها. هذه التطورات الحاصلة في مجالي البيانات وتقنية الكمبيوتر خلال عقدي الثمانينيات والتسعينيات من القرن الماضي أدت إلى عودة حركة النمذجة

العمرانية للظهور وبعثها من جديد. وجاء واقع تطبيقات النماذج ليفند ما ذهب إليه كل من لي Lee وكوكليليس Couclelis حيث أن عدد مستعملي النماذج العمرانية تزايد باضطراد خاصة في العقد الأخير، وهناك ما يربو عن اثنتي عشر نموذجا منتشرة في الساحة ويتم استعمالها بقوة وفعالية في دراسة المدن الكبرى والمدن المتروبولية بأمريكا على وجه الخصوص (Wegener, 1994, 2000) (شكل ٢).

تطور النمذجة العمرانية		
ظهور تيار ما بعد الحداثة في التخطيط وتطور تطبيقات النظم وتطور نظريات تفسير السلوك الإنساني واتخاذ القرارات على الصعيد الشخصي والجماعي.	ظهور تيار ما بعد الحداثة في التخطيط وتطور تطبيقات النظم وتطور نظريات تفسير السلوك الإنساني واتخاذ القرارات على الصعيد الشخصي والجماعي.	ظهور تيار ما بعد الحداثة في التخطيط وتطور تطبيقات النظم وتطور نظريات تفسير السلوك الإنساني واتخاذ القرارات على الصعيد الشخصي والجماعي.
فترة التسعينيات إلى الألفية	فترة السبعينيات والثمانينيات	فترة الخمسينيات والستينيات

شكل ٢ : تطور عملية النمذجة العمرانية مقارنة بتطور نظرية التخطيط

(المصدر : عمل الباحثين)

وعلى هذا فإن على النماذج العمرانية أن تستجيب لمجموعة من السياسات التخطيطية الخاصة بتوزيع الاستعمالات وتعدد طرق المواصلات ووسائل النقل وتفاعلاتها مع بعضها البعض وأن تقوم على أسس نظرية واضحة للسلوك

الإنساني وأن تسمح باستيعاب الآراء المختلفة التي تدلي بها مختلف الفئات ذات المصالح المساهمة في العملية التخطيطية والمتأثرة بها.

٣ . ٢ . الأسس النظرية للنمذجة العمرانية :

كانت النماذج في السابق تعاني من قصور كبير في التنظير، إلا أن الباحثين تمكنوا من تغطية هذا النقص من خلال التقدم الهائل في النظريات التي تفسر سلوك الناس Behavior theory في اختيار الفراغات العمرانية لأنشطتهم وتقدم التقنيات التجريبية لمعايرة تقنيات اختيار الفراغ. كما ساهم التقدم الحاصل في نظريات اقتصاديات العمران Urban economics في إعطاء سند قوي لعملية النمذجة وبعثها من جديد. وعليه فإن النماذج تتعامل مع المنظومة العمرانية باعتبارها مجموعة أنساق من الأسواق. كأن تُدرج في نماذجها سوق الأراضي أو سوق مساحات الأرضيات أو سوق الإسكان ويتم إدخال بيانات أسعارها حسب عدة فترات لتستشرف وتتنبأ بما ستؤول إليه الظاهرة مستقبلا. فهي إذن تستند إلى نظرية الاقتصاديات المحلية Local economies وبشكل خاص ونظرية الإيجارات (Alonso; 1964) Bid-rent theory في سوق الأراضي العمرانية Urban land markets بالمدينة أحادية المركز (Monocentric city). لكن هذه النظرية أثبتت محدوديتها ولم تعد قابلة للتطبيق على مدينة اليوم التي تعددت مراكزها وانتعشت اقتصاديات الضواحي بها حتى أصبحت إيجاراتها تنافس نظيراتها بالمركز التقليدي للمدينة وتتفوق عليه أحيانا كثيرة.

أخذت عملية التنظير للنماذج العمرانية اتجاهين إثنين: الأول وقد اعتمد على نظريات اقتصاديات العمران والتخطيط الإقليمي وتطور البنية العمرانية ثم تدهورها واعتبرت منطلقا لعملية النمذجة. ولعل أهم ما كتب في هذا الشأن تضمنته أبحاث بريتون هاريس (Harris, 1968, 1985) وأيضا (Anas, 1987). أما

الاتجاه الثاني في عملية التنظير فيهتم بطبيعة النمذجة وأهمية النماذج في صياغة السياسات العمرانية. وتعد أيضا كتابات هاريس وساير (Sayer, 1976) وباتي (Batty, 1978) رائدة في هذا الميدان. وتعتمد النماذج الحالية على الدقة الرياضية وتعقيداتها. ولقد أثبتت النماذج نجاحا في حصر تغير وتطور استعمالات الأراضي العمرانية، إلا أنها لم تحقق ذات النجاح في التنبؤ بسلوكيات التنقل والهجرة والحركة في المدينة.

٣ . ٣ . أهداف واتجاهات النماذج العمرانية :

بالرغم من وجود العديد من أنواع النمذجة العمرانية، إلا أن دراسات ونمذجة تغير استخدامات الأراضي العمرانية تكتسب أهمية بالغة في النمذجة العمرانية، لأن الأرض هي مصدر الموارد ومسرح الأنشطة الإنسانية. وحيث أن سمة التطور والتغير هي جوهر الحياة البشرية، فإن استعمالات الأراضي دائمة التغير تبعا للتغيرات التي تطرأ على إحتياجات الناس وعلى أنشطتهم الاقتصادية ومظاهر بيئتهم المحيطة. لهذا كان من الطبيعي أن تُحدد أهداف النمذجة العمرانية، ويمكن عرض أهمها فيما يلي:

١ - وصف تطور العلاقات الزمانية والمكانية بين مختلف العناصر لأنماط الاستعمالات.

٢ - توقع الأنماط المستقبلية لاستعمالات الأراضي وأشكالها.

٣ - حصر وقياس تأثيرات تغير الاستخدامات على الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية وعلى الجوانب البيئية.

٤ - تحديد الأنماط المثلى لاستعمالات الأراضي بحيث تحقق مبدأ الاستدامة وترشيد استهلاك الموارد.

٥ - تقييم الاستعمالات والاستخدامات القائمة والمستقبلية للأراضي.

وتقتضي عملية تحليل ونمذجة الاستعمالات العمرانية الإحاطة بمسألتين أساسيتين. الأولى وتشمل العوامل والمسببات التي تؤدي إلى حدوث هذه التغيرات في الاستخدامات، وأما الثانية فتُعنى بما يترتب عن هذه التغيرات من آثار سلبية أو إيجابية على البيئة والمنظومة الاجتماعية والنشاطات الاقتصادية. وقد ظهرت اتجاهات ثلاثة في عملية دراسة ونمذجة تطور استخدامات الأراضي وهي:

١ - الاتجاه الوصفي السردي The narrative perspective ويسعى لفهم طبيعة تغير استخدامات الأرض من خلال سرد ومتابعة تطورها التاريخي.
٢ - الاتجاه السلوكي The agent-based perspective ويسعى للبحث عن طبيعة القوانين التي تضبط سلوك الأفراد وتحدد قراراتهم اليومية، أي أنه يدرس سلوك العناصر المكونة للنموذج.
٣ - الاتجاه النسقي أو البنيوي The system/structure perspective وهو لا يهتم بدور الأفراد بقدر ما يهتم بدور المؤسسات الاقتصادية والسياسية والبنى الاجتماعية للهيئات والمجموعات والمنظمات من خلال دراسة الفرص التي تمنحها والعوائق التي تضعها.

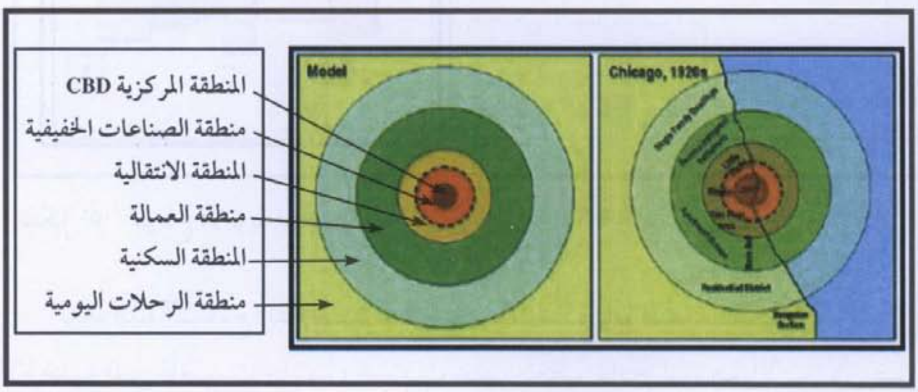
يُلاحظ أن معظم تحليلات تغيرات استعمالات الأراضي العمرانية تتجه وفق المنظور التجريبي الوضعي بسبب اعتماده على ما توفره تكنولوجيا الاتصالات والمعلومات من مرئيات فضائية وتطبيقات النظم الجغرافية والنماذج المتكاملة. ويمكن تمييز أربعة أصناف من نماذج استعمالات الأراضي العمرانية هي:

١) النماذج الإحصائية والقياسات الاقتصادية Statistical and econometric models
٢) نماذج العلاقات والروابط المكانية Spatial interaction models
٣) نماذج الوضع الأمثل Optimization models
٤) النماذج المتكاملة Integrated models

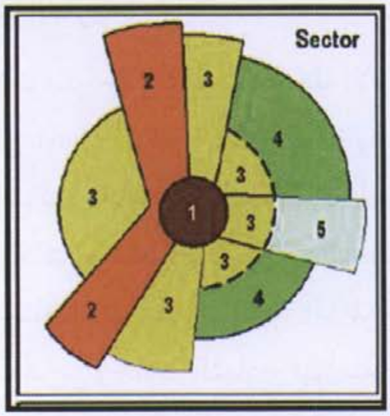
٣ . ٤ . تطور النماذج العمرانية ومنطلقاتها النظرية :

لقد مر تطور النماذج العمرانية بثلاث مراحل . تميزت المرحلة الأولى بنموذجين بسيطين وضعهما كل من مارش Marsh في الولايات المتحدة وفون ثونن Von Thunen في ألمانيا . أما المرحلة الثانية فكانت في النصف الأول من القرن العشرين وميزتها نظرية المنطقة المركزية التي وضعها كريستالر Christaller وهي في جوهرها مقاربة وظيفية لتوزيع الاستخدامات على الإقليم . أما المرحلة الثالثة فكانت في النصف الثاني من القرن العشرين وجاءت النماذج فيها متفرعة عن ميدانين أساسين من الدراسات هما ميدان الدراسات الاجتماعية وميدان الدراسات الاقتصادية .

١) نماذج منبثقة عن الدراسات في الحقل الاجتماعي ، وأهمها النماذج التي تمخضت عن مدرسة شيكاغو في العلوم الاجتماعية وهي نموذج برجيس للمناطق العمرانية ذات الدوائر المركزية Burgess' monocentric model (شكل ٣) ونموذج القطاعات العمرانية لهومر هويث Hoyt's sector model (شكل ٤) والنموذج متعدد المراكز العمرانية للباحثين أليس وأولمان Alice &Ullman's multiple-nuclei model (شكل ٥) (Carter, 1981) .

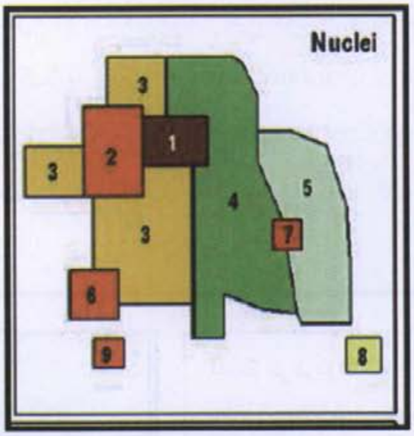


شكل ٣ : نموذج Burgess لمدينة شيكاغو ١٩٢٥ (المصدر بتصرف :كارتر ١٩٨١) .



١ – المنطقة المركزية CBD
٢ – منطقة الصناعات الخفيفية وتجارة الجملة
٣ – منطقة سكن محدودي الدخل
٤ – منطقة سكن الطبقة الوسطى
٥ – منطقة سكن الطبقة الميسورة

شكل ٤ : نموذج القطاعات لهومر هويت ١٩٣٩ (المصدر بتصرف :كارتر ١٩٨١) .



١ – المنطقة المركزية CBD
٢ – منطقة الصناعات الخفيفية وتجارة الجملة
٣ – منطقة سكن محدودي الدخل
٤ – منطقة سكن الطبقة الوسطى
٥ – منطقة سكن الطبقة الميسورة
٦ – منطقة الصناعات الثقيلة
٧ – حي الأعمال بالضواحي
٨ – منطقة سكن الضواحي
٩ – منطقة الصناعات بالضواحي

شكل ٥ : نموذج الأنوية المتعددة لهاريس وأولمان ١٩٤٥ (المصدر بتصرف :كارتر ١٩٨١)

تعد هذه النماذج آنفة الذكر، نوعا من النماذج الوصفية التحليلية وتشكل الأرضية التي تأسست عليها وانبثقت عنها معظم نماذج استعمالات الأراضي العمرانية منذ بداية القرن العشرين. وتتميز هذه النماذج بضعف أسسها النظرية

وبقصورها في وصف مظاهر المدينة الحالية وبعدم قدرتها على التنبؤ بمستقبل الظاهرة العمرانية. فإذا كانت هذه النماذج قد أفادت كثيرا في وصف كيفية تشكيل الظواهر العمرانية إلا أنها عجزت تماما عن أن تقدم أي تفسير لهذه الظواهر ولم توضح الأسباب التي كانت وراء هذا التشكيل لتلك الظواهر بالصيغة التي بدت عليها.

٢) نماذج منبثقة عن الدراسات في الحقل الاقتصادي ومن أهمها نماذج الاختيار المكاني لاستعمالات الأراضي العمرانية والإقليمية ونماذج الإيجارات في سوق الأراضي العمرانية لألونسو (Alonso; 1964). وتتفرع عن هذا الاتجاه الاقتصادي عدة نماذج لعل أهمها نماذج الاختيار المكاني ونماذج إيجارات الأراضي العمرانية.

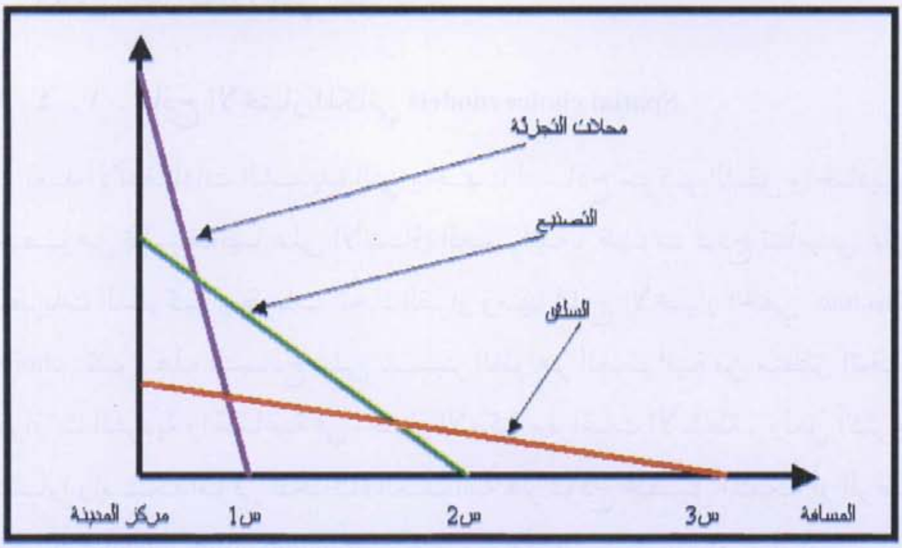
٣ . ٤ . ١ . نماذج الاختيار المكاني Spatial choice models

بعد الانتقادات الشديدة التي وجهت لنماذج مركز الثقل والجاذبية بخصوص تطبيقاتها على الأنساق العمرانية، ظهرت نماذج تتأسس على النظريات السلوكية ونظريات اتخاذ القرار ومنها نماذج الاختيار الخفي Discrete choice تقوم هذه النماذج على تفسير الظواهر العمرانية من منطلق اتخاذ القرارات الفردية والجماعية في اختيار الأمكنة وفراغات الأنشطة. ولعل أكثرها انتشارا واستخداما في المحاكاة العمرانية هو نموذج تحصيل المنفعة أو الرضا عشوائيا Random utility model. ويفترض هذا النموذج أن الفرد أمامه جملة خيارات مخفية وله أن يختار بعضا منها أو لا يختار أيا منها. وأما الافتراض الثاني فيقوم على أساس اختيار القرار الذي يتضمن البديل الأكثر إرضاء ومنفعة لصاحبه. تعتمد النماذج بشكل أو بآخر على المنفعة العشوائية Random utility

أو نظرية الاختيار الخفي Discrete choice لتفسير وتنبؤ سلوك العناصر الفاعلة في المجال العمراني كالمستثمرين والأسر والشركات والمسافرين.

٣ . ٤ . ٢ . نماذج نظرية الإيجارات Bid-rent theory

وضع نظريتها ألونسو عام ١٩٦٤ وهي مستلهمة بقوة من نموذج فون ثونن. تقضي النظرية بتقديم تفسير للتوزيع المكاني للأنشطة العمرانية في مدينة ذات مركز واحد وعدد محدود من استعمالات الأراضي. وتقوم هذه النظرية على أن الاستعمالات سينتظم توزيعها الجغرافي في المدينة بحسب قدرتها على منافسة أسعار الإيجارات المطبقة. فالنشاط ذي القيمة الأعلى والعوائد الأكبر والمنفعة القصوى هو الذي يحتل المكان الأقرب لمركز المدينة (شكل ٦).



شكل ٦ : نموذج الإيجارات بالمدينة لألونسو (المصدر بتصرف : Alonso 1964).

٣ . ٥ . نماذج المحاكاة العمرانية :

تعتمد نماذج المحاكاة العمرانية على الجمع بين النظرية والبيانات واللوغاريتمات لتقوم بعملية تمثيل تجريدي لخصائص ووظائف استعمالات الأراضي العمرانية. وحينما تتم معايرة نموذج المحاكاة على سيناريو معلوم سلفا لظاهرة عمرانية ما، فإنه حينئذ يمكن استخدام النموذج في عملية التنبؤ لما ستؤول إليه مستقبلا حالة أنظمة عمرانية مماثلة. وتساهم نماذج المحاكاة العمرانية في عملية تمحيص وتقييم النظريات والممارسات الخاصة بالشأن العمراني ضمن الشروط التي تحددها بيئة الحاسوب وقدراته. وتستخدم عادة في تقييم إدارة العمران ووسائل الحد من التلوث البيئي في المناطق العمرانية وفي تنظيم حركة المرور والمواصلات بها.

إن المناطق العمرانية آخذة في الاتساع والتعقيد أكثر فأكثر بسبب تطور وسائل المواصلات وتكنولوجيا الاتصالات وتعقد اقتصاديات المدينة وأنساقها الاجتماعية وأنظمتها السياسية والخدماتية. ثم إن قلة الموارد تجعل عملية النجاعة والفعالية في صرفها وإدارتها أمرا بالغ الأهمية. يضاف إلى ذلك تعدد وتنوع أصحاب المصالح في الشأن العمراني مما يجعل عملية التخطيط واتخاذ القرارات وعدم تغليب مصالح فئة على حساب أخرى أمرا يحتاج إلى دراسة رصينة ومضنية للتوفيق بين أولويات كل طرف. ومن هنا فإنه ليس من الحكمة أن يتصرف المخططون والبيروقراطيون لوحدهم في قضايا تتعلق بتوزيع الاستخدامات العمرانية وسياسات النقل الحضري. ويلجأ الباحثون في الشأن العمراني وقضايا المدينة لاستخدام النماذج النظرية والرياضية لتطويع الأنظمة العمرانية المعقدة وتذليل صعوبات أنساقها المتشابكة. وعلى هذا الأساس فإنه كثيرا ما يُعول على نماذج المحاكاة العمرانية في صياغة السياسات العمرانية ووضع الخطط

الاستراتيجية لتنظيم الأنشطة العمرانية وتحديد استعمالات أراضيها واتخاذ القرارات بشأنها.

٣ . ٦ . تصنيفات نماذج المحاكاة العمرانية :

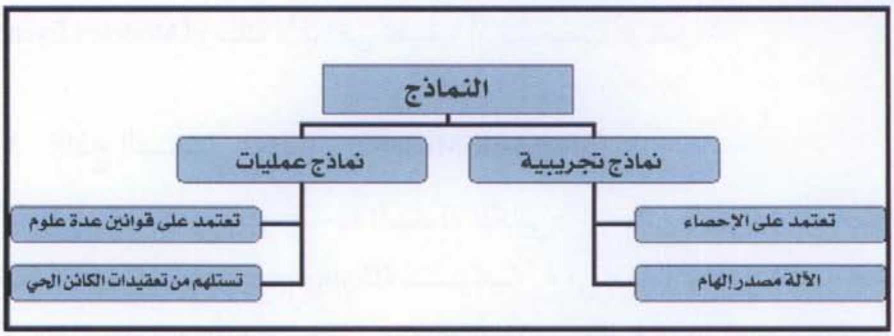
تتمايز النماذج عن بعضها البعض بحسب درجة تعقيدها ومدى شموليتها وتقنية نمذجتها وما تتطلبه من بيانات وبحسب التطبيقات القائمة والممكنة لها. وهناك العديد من التصنيفات للنماذج بحسب طبيعة عملها وتطبيقاتها. وفي هذا الصدد، فإن الطرق الرياضية والإحصائية لوصف وشرح ظاهرة ما والتنبؤ لها، ما هي في الحقيقة إلا نوع من النمذجة. وتختلف هذه النماذج في درجة التعقيد، وهذا أمر طبيعي تبعاً لطبيعة الظاهرة المدروسة.

كثيرا ما ساد الاعتقاد أن الظواهر العمرانية تسلك في عملياتها مسارا خطيا. وانطلاقا من هذا الافتراض قامت النماذج المبسطة التي أعدت للتنبؤ بما ستؤول إليه هذه الظواهر مستقبلا. إلا أن الفحص الدقيق لكيفية اشتغال هذه الظواهر في الواقع بين زيف وبطلان الاعتقاد بفرضية السيرورة الخطية للظواهر العمرانية the linear processes of urban phenomena. فما نشاهده من عمليات (Processes) في الميدان، يبين لنا بجلاء أن هذه العمليات عادةً ما تقوم على سلوك غير خطي (Non-linear behavior)، أو عناصر عشوائية تسلسلية (Stochastic components)، بل قد تحتوى على حركات من التغذيات المرتجعة (Feedback loops) زمانياً ومكانياً؛ أي أن العملية تكون في شكل ديناميكي معقد يكاد لا ينتهي. ولهذا فإن النماذج المعمول بها في كثير من الأحيان ليس لديها القدرة أو غير متطورة بما فيه الكفاية لتحاكي بشكل صحيح مثل هذه العمليات المعقدة.

يمكن أن نضع النماذج بشكل عام ضمن تصنيفين رئيسيين (Mitasova and Mitas, 1998) كما هو موضح في الشكل أدناه (شكل ٧):

١- **نماذج تجريبية Empirical Models**، وهي مبنية على تحليلات إحصائية للبيانات المرصودة وتكون قابلة للتطبيق فقط على نفس الظروف التي أُخذت البيانات فيها. وهذا النوع من النماذج مناسب لمحاكاة الظواهر الآلية الميكانيكية الثابتة وغير الديناميكية.

٢- **نماذج عمليات Process-based Models**، وهي نماذج تقوم أساساً على فهم العمليات الطبيعية (مثل، العمليات الكيميائية، والجيولوجية، والبايولوجية)، وكيفية وصف وشرح وتمثيل هذه النماذج رياضياً. وتتميز هذه النماذج بشدة تعقيداتها لكونها تقوم على حصر العمليات الديناميكية غير المستقرة على حال وذات التغذيات المرتجعة مما يجعلها ملائمة لمحاكاة الظواهر التي تماثل في اشتغالها الكائنات الحية والمدينة وظواهرها العمرانية إحدى هذه العمليات.



شكل ٧ : تصنيف النماذج (المصدر : عمل الباحثين).

إذا كانت الأنظمة الميكانيكية البسيطة تكتفي لمحاكاتها بنماذج مبسطة على شاكلة النماذج التجريبية الخطية، فإن محاكاة الأنظمة المعقدة تستدعي استخدام نماذج أكثر تعقيدا تتمازج فيها الطرق التجريبية بالطرق المؤسسة على العمليات.

كما يمكن تقسيم تصنيف النماذج المذكور أعلاه إلى تصنيفات أكثر تفصيلا على النحو التالي :

١ - النماذج الحدية (Deterministic Models) :

وهي نماذج تكون فيها العمليات عادة ممثلة بمعادلات تفاضلية . ففي حالة النماذج الخطية محددة التصميم (Well-designed Linear Models) تكون المدخلات والمخرجات أحادية ومميزة (Unique) . أما في حالة النماذج ذات المخرجات (Outputs) المتعددة ، فإنه لابد من اللجوء عندئذ لاستخدام النماذج المعقدة وغير الخطية (Non-Linear Models) . ويمكن أن تكون هذه النماذج الحدية خاصة بنمذجة الظاهرة في الزمان وفي المكان ، وعلى مستويات مختلفة من التفصيل ، خاصةً تلك العمليات التي تختلف في أزمنتها . وقد تكون النمذجة على فترات زمنية ثابتة أو على شكل سلسلة زمنية متعاقبة ، كما قد تخص مستويات زمنية ديناميكية تصف التنوع الزماني - المكاني لحدث منمذج (Modeled Event) وذلك لأغراض تطبيقية أو تشخيصية أو تنبؤية .

٢ - نماذج التسلسل العشوائي (Stochastic Models) :

يقوم هذا النوع على نمذجة السلوك المكاني - الزماني للظواهر من خلال عناصر أو مكونات (Components) عشوائية . وفي هذا النوع من النمذجة ، يكون المدخل (Input) (المتغير - Variable) مميزاً أو فريداً (Unique) لينتج مخرجاً (Output) مختلفاً عند كل تجربة أو تشغيل (Run) للنموذج ، وذلك لطبيعة العنصر أو المكون العشوائي لعملية المحاكاة (Simulation) في النموذج . لهذا فإن المحاكاة الواحدة تقدم نتيجة أو مخرجا واحدا فقط من المخرجات الممكنة .

ويمكن من خلال تكرار تشغيل النموذج في عملية المحاكاة أن تحسب وتقدر توزيعات الإحتمالية (Probability Distributions) بالنسبة للأنظمة العشوائية الديناميكة (dynamic stochastic systems وهي أقرب للنمذجة العمرانية). يمكن تمثيل سلوك هذه الأنظمة من خلال أنواع مختلفة من العمليات العشوائية، مثل عمليات بواصو ورينيوال (Poisson and Renewal)، وعملية ماركوف (Markov) أو مصفوفات احتمالات الإنتقال (Transition Probability Matrices)، وعمليات الإنتشار البراونية (Brownian Processes and Diffusion) (Nelson, 1995; Molchanov and Woyczynski, 1997).

٣ - النماذج القائمة على القوانين (Rule-based Models):

يقوم عمل هذا النوع من النماذج على قوانين محلية بإستخدام المحاكاة الخلوية الآلية (Cellular Automata)، وهي عبارة عن أنظمة غير خطية ذات طابع ديناميكي رياضي، مبنية على مكان وزمان محددين أو مستقلين (Discrete) (Wolfram, 1984) وتقوم فكرة هذه النماذج بإختصار على ما يلي:

أ - تعد المحاكاة هنا ذاتية الحركة (Automata)، قريبة أو شبيهة بعمل الروبوت. أما كونها خلوية (Cellular) فيرجع إلى كون العملية رقمية، حيث تتعامل مع قيم رقمية لحيز أو جزء معين من المكان مُسجلة في الحاسب في حيز أو مساحة محددة من الذاكرة، بحيث تحمل كل خلية رقمية في الذاكرة قيمة واحدة. وتكون المحاكاة في شكل حركة متنقلة في شكل تسلسل زمني محدد أو مستقل (Discrete time-steps)، من خلال تحديث الحالة (State)، حسب قانون إنتقالي (Transitional Rule) معين يُطبق بشكل عام ومتزامن على كل الخلايا عند كل فترة زمنية (أنظر شكل ٨ وشكل ٩).

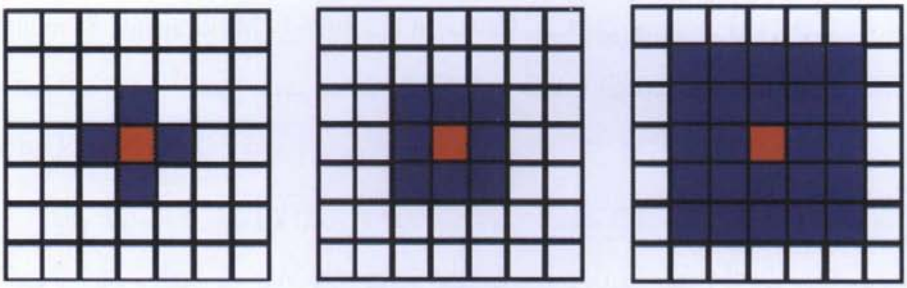
ب - تُحدد قيمة كل خلية بناءً على التشكيل الهندسي أو الموقع المكاني للخلايا المجاورة، والذي يُخصص أو يُحدد كجزء من قانون الإنتقال.

جـ - عادةً ما تنتج القوانين المحلية البسيطة سلوكاً معقداً عاماً، وبهذا فإنها تكون مفيدة في محاكاة الأنظمة غير المفهومة تماماً، عدا عملياتها المحلية والتي عادةً ما تكون معروفة تماماً.

ومن أمثلة هذه النماذج، نماذج محاكاة النمو العمراني، مثل نموذج تجمّع الإنتشار المحدود (Diffusion-limited Aggregation) (Batty and Longley, 1994)، ونموذج إنتشار التجدد أو التطور (Innovation Diffusion Model) (White and Engelen, 1994; Park and Wagner 1997). وهناك نماذج خاصة بالبيئة، مثل نموذج محاكاة حرائق الغابات (Clarke, et al., 1994). ويوضح شكل ٨ وشكل ٩، عملية النمذجة الخلوية ذاتية الحركة. ففي شكل ٨، نجد أن النمذجة في شكل أحادي (بعد واحد) مؤلف من شبكة سبع خلايا متجاورة، في حين أن شكل ٩، نجد أن الشبكة ذات بعدين، تبين كيف تتغير الحالة (الظاهرة) في وسط الشكل من حال إلى حال حسب قوانين معينة، مثل محاكاة التمدد العمراني.



شكل ٨ : المحاكاة الخلوية ذات البعد الواحد (المصدر : عمل الباحثين).



شكل ٩ : المحاكاة الخلوية ذات البعدين (المصدر : عمل الباحثين) .

٣ . ٧ . معايرة النموذج وتقويم نتائجه :

بما أن النموذج عبارة عن تصور يحاكي الواقع بما يشمله من متغيرات وقوانين، فمن الطبيعي أن تُعاير وتُقوم هذه المكونات في النموذج نفسه من خلال تطبيقه عملياً للوصول إلى النتيجة المقبولة على أقل تقدير، وتسمى هذه العملية بالمعايرة (Calibration) أو معايرة المتغيرات (Parameters Calibration).
فبما أن الهدف الرئيس أو الأسمى لبناء النموذج هو التنبؤ، فلا يمكن أن يُوثق في التنبؤ دون فهم صحيح للواقع أولاً، ولضمان هذا الفهم الصحيح لا بد من عمليات المعايرة والتجربة حتى يتحقق تطبيق النموذج بشكل نهائي والوثوق في نتائجه، التي يفترض أن تُبنى عليها عمليات صنع أو اتخاذ القرار. وتعد هذه المعايرة من أهم المراحل في بناء النماذج، خاصةً الحركية أو الديناميكية منها (Dynamic Models). غير أن علمية المعايرة في الحقيقة ما تزال الأقل تطوراً في معظم الطرق أو التقنيات المستخدمة في النمذجة المكانية الديناميكية، مثل طرق المعادلات التفاضلية (Allen, *et al.*, 1992; Allen and Sanglier, 1979; Willson, 1981; Pumain, et al., 1989)، وطرق المحاكاة الخلوية الآلية (CA) (White and Egelen, 1994; Portugali, et al., 1994)، و النظم المتعددة العناصر

(Multi-agents Systems) (Bura, et al., 1996). فـلا يوجـد طرق رياضـيـة أو إحصائية تنتج أفضل مخرجات أفضل من عملية التجربة والخطأ (Trial and Error) (Sanders, 1996).

بالرغم من أن عملية المعايرة تعد جزء من عملية التقويم المبدئي، إلا أنه من المهم أن يُقوم النموذج بناءً على نتائج تطبيقه. تعد هذه الخطوة أو المرحلة مهمة للتحقق من سلامة الأداء بشكل عام ومن منطقية النتائج، بحيث يمكن تطبيق النموذج في ظروف مشابهة، بل والإستفادة عملياً من تطبيق النموذج. وكما هو معروف في طرق بناء النماذج والاختبار المتعددة لأي نموذج، يمكن الرجوع لأي خطوة أو مرحلة من المراحل السابقة في بناء وتصميم النموذج، فقد يكون الخطأ أو الخلل في أسوأ الأحوال في تحديد أهداف عمل النموذج، وفي أحسن الأحوال في بعض المتغيرات أو الطرق التي تحتاج إلى تغيير أو معايرة مرة أخرى، بل قد يكون الخلل فقط في إدخال القيم الصحيحة في النموذج.

٤. تطبيقات النمذجة العمرانية بنظم المعلومات الجغرافية :

تطورت نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة العمرانية بشكل متوازي قبل عقد الثمانينات من القرن الميلادي الماضي. ولم يحدث هناك تكامل وتداخل بين عملية النمذجة العمرانية وتطبيقات النظم إلا في نهاية الثمانينات الميلادية. ولقد شكل هذا البحث في هذا التكامل بين الطريقتين جزء كبيرا من نشاط المهتمين بالنمذجة وعمل المطورين لنظم المعلومات الجغرافية بغرض تحسين القدرات التحليلية لهذه التطبيقات. (Goodchild, et al., 1992; Batty, et al., 1989; Batty and Longley. 1996; Aspinall, 1994; Fischer and Nijkamp 1992). وبفضل هذا التكامل والاندماج أصبح بالإمكان إجراء تحليلات نمذجية عمرانية متقدمة بنظم المعلومات الجغرافية، تتجاوز مجرد الإستعلام وإدارة

البيانات وغيرها. فلقد أصبحت عملية المحاكاة (Simulation) سمة مميزة وأساسية في التحليل العمراني. إن عمليات التحليل في نظم المعلومات الجغرافية تقوم أساسًا على التحليل المكاني، وهذا هو بالضبط مجال التقارب بين نظم المعلومات الجغرافية والدراسات العمرانية. بل إن التطورات الكبيرة التي عرفتها المدينة والتغيرات الهائلة التي طرأت على الحياة العمرانية تستدعي كلها ضرورة تكيف تقنيات التعامل مع هذه الظواهر العمرانية الجديدة سواء تعلق الأمر بتقنيات إدارة البيانات وجمع معطياتها أو تقنيات وضع النماذج وطبيعتها. لذا فإن قدرات نظم المعلومات الجغرافية المتميزة في التعامل مع البيانات من جمع ومعالجة وإدارة وتحليل وإستعراض (Visualisation)، سهّل مهمة نمذجة العمران، بل استدعى الربط والتكامل الوثيق بين ما قُدم ويُقدم في الدراسات العمرانية من تحليل ونمذجة وبين نظم المعلومات الجغرافية. ولتقديم صورة منهجية عن طبيعة هذا التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة العمرانية، فإنه يمكن استعراض ذلك من خلال ثلاثة محاور كما يلي (Sui, 1998):

١ - تطبيقات النمذجة العمرانية القائمة على نظم المعلومات الجغرافية.

٢ - مشاكل الربط بين النمذجة العمرانية ونظم المعلومات الجغرافية.

٣ - الجهود والإتجاهات البحثية الجديدة والمستقبلية للنمذجة العمرانية من وجهة نظر علم المعلومات الجغرافية (Geographic Information Science).

٤ . ١ . تطبيقات النمذجة العمرانية القائمة على نظم المعلومات الجغرافية :

تواجه النمذجة العمرانية المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية (GIS-based Urban Modeling)، مشكلتين رئيسيتين. تتعلق المشكلة الأولى بنظم المعلومات الجغرافية ذاتها، وأما الثانية فتخص عملية النمذجة العمرانية. تتمثل المشكلة

الأولى في قصور القدرات التحليلية المتقدمة اللازمة للنمذجة المكانية، بصفة عامة. وقد برزت هذه المشكلة في مطلع التسعينيات من القرن الميلادي الماضي (Openshaw, 1991)، وبالذات في الحاجة إلى تقديم قدرات تحليلية خاصة بالنمذجة العمرانية والتي تتطلب مفهوماً مختلفاً كثيراً عن مفهوم النمذجة البيئية القائمة على نظم المعلومات الجغرافية (GIS-based Environmental Modeling) (Goodchild, *et al.*, 1993, 1996). وفي هذا الخصوص، يمكن عرض أربعة أشكال للتكامل أو الربط بين نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة المكانية (Wegener, 1994; Sui, 1998):

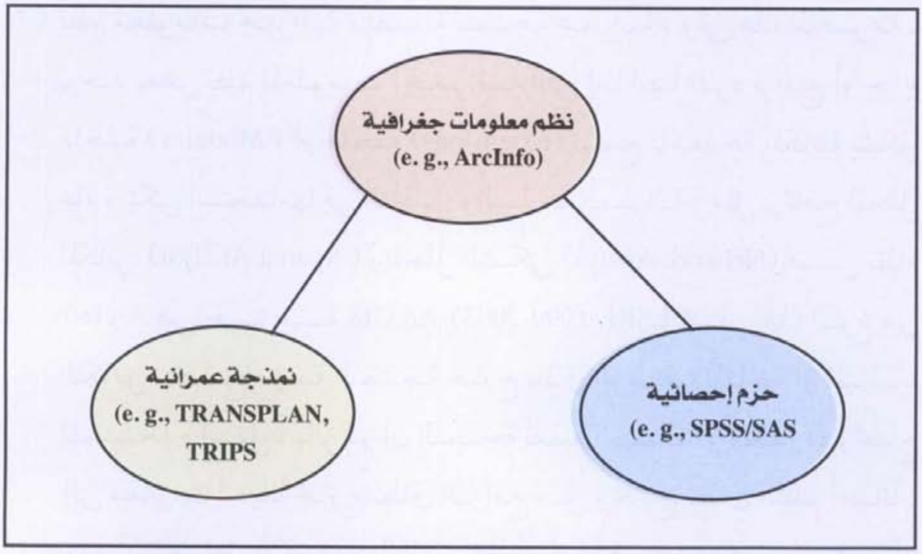
١) نظم وبرامج أو حزم (Packages) للنمذجة العمرانية التي تحتوي على وظائف شبيهة بوظائف نظم المعلومات الجغرافية. وهذه البرامج اعتمدها المخططون العمرانيون أو الحضريون والإحصائيون المكانيون (Spatial Statisticians)، الذين يرون أساساً أن نظم المعلومات الجغرافية وسيط أو أداة خرائطية. وهنا لا يوجد نظام معلومات جغرافية، إنما برنامج أو حزمة مؤلفة أو مصاغة (Customized) بطرق برمجية مرنة، ويسمح بتوظيف آخر التطورات في النمذجة العمرانية. غير أن عمل النظام أو البرنامج ليس مقيدًا بطبيعة تراكيب البيانات في نظم المعلومات الجغرافية. وهذا في الحقيقة ما سهل إمكانية تضمينه آخر المستجدات التطويرية في النمذجة العمرانية. لكن من عيوب هذه الحزم أو النظم المصاغة، أن تراكيب البيانات واستعراض النتائج لا تقارن مع قدرات نظم المعلومات الجغرافية في هذه المجالات. وعادة ما تكون هذه الأنظمة نتاج جهود بحثية مرتبطة بمشاريع محددة، لذا فليس من المستغرب أن تعد معقدة نسبياً للمستخدمين، وذلك لما تحتويه من تعقيد في البرمجة وتعقد وتعدد تراكيب البيانات وتستخدم منصات أو بيئات حاسوبية مختلفة. ومن أمثلة

هذه البـرامج أو الأنظمـة، نظام HIPS (Clarke, et al., 1984; Clarke and Spowage, 1985)، وهو نظام يعد من نظم المحاكاة التفصيلية الجزئية (Micro-simulation Models)، مخصص لمحاكاة التخطيط الصحي وكان موجها لصالح المؤسسات الصحية الإقليمية في بريطانيا. وهناك نظام SPIDER (Haslett, et al., 1990).

٢) نظم معلومات جغرافية متضمنة لنمذجة عمرانية. وفي هذه المجموعة، يوجد بعض نظم المعلومات الجغرافية التي إما أنها تفرد برامج أو حزم داخلية (Modules) أو ملحقة (Extensions) تسمح بالنمذجة المكانية بشكل عام، يمكن استخدامها في التحليل والنمذجة العمرانية، مثل برنامج المحلل المكاني (Spatial Analyst) والمحلل الشبكي (Network Analys) ضمن نظام ArcInfo في حزمة ArcGIS (ESRI, 1999-2003). في هذا النوع من التكامل، تصبح مهمة النمذجة خارج نطاق الوظائف المتاحة أو المباشرة للمستخدم أسهل، بالرغم أن النمذجة نفسها مبسطة أو محدودة وتحتاج إلى معايرات أحياناً خارج نطاق البرامج، بل وخارج نطاق النظم أحياناً.
يبدو أن العوامل الإقتصادية تلعب دوراً مهماً في عدم تضمين برامج أو طرق تحليلية متقدمة للنمذجة العمرانية في نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لأن سوق هذا النوع من المنتج مازال محدوداً مقارنةً بسوق إدارة البيانات وإخراجها (Sui, 1998).

٣) إرتباط ضعيف (Loose coupling) بين نظم المعلومات الجغرافية وبرامج متكاملة للنمذجة العمرانية. نجد في هذه الفئة أن برامج النمذجة المختلفة، سواء كانت عمرانية صرفة أو برامج الحزم الإحصائية ترتبط بنظم المعلومات الجغرافية، ولكنه ارتباطاً ضعيفاً. فنجد في هذا الإرتباط، أن البيانات يتم تداولها وتبادلها في صيغ أو هيئات (Format) محايدة مثل: ASCII، دون

وجود واجهات وتعشيقات تشغيلية تبادلية (Interfaces) متخصصة للربط. نجد في شكل (١٠) مثلاً، أن نظام المعلومات الجغرافية ArcInfo، يمكن أن يتبادل البيانات مع برامج النمذجة مثل TRANSPLAN ومع برامج إحصائية مثل SPSS أو SAS، لكنه تبادل غير مباشر، حيث يتم تحويل البيانات إلى هيئات محايدة في شكل ثنائي (Binary) أو نصي قياسي مثل ASCII.

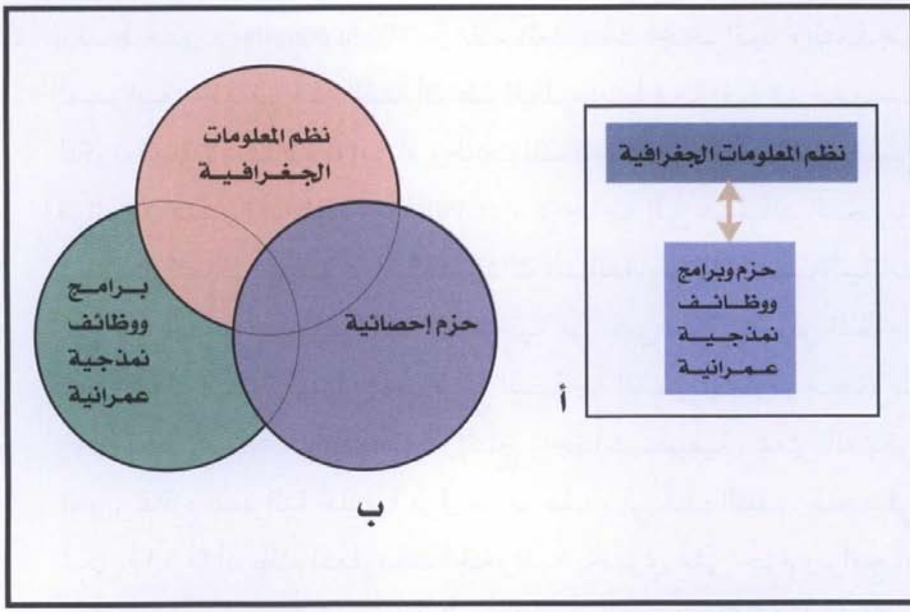


شكل ١٠ : إرتباط ضعيف بين نظم المعلومات الجغرافية والبرامج والنظم الأخرى

(المصدر : Sui, 1998)

من مميزات هذا الربط، أنه يمكن تفادي عمليات البرمجة الزائدة، غير أن المشكلة تكمن في عمليات التحويل للبيانات بين الحزم والبرامج، حيث تعد هذه العمليات مجهدة ومعقدة وعرضة للأخطاء (Sui, and Lo, 1992; Shaw, 1993; Brooks, et al., 1993). لكن هذا الربط يعد معقولاً ومشجعاً من وجهة نظر المستخدمين لإجراء عمليات النمذجة، لأن عمليات البرمجة المعقدة تعد محدودة أو قليلة في هذا الربط أو بهذه الطريقة (Sui, 1998).

٤) إرتباط متين (Tight coupling) بين نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة العمرانية. نجد في هذه الفئة أن نظم المعلومات الجغرافية قد صممت لتكون قابلة لإستدعاء أوامر أو وظائف للنمذجة العمرانية مباشرة ضمن قوائم الإختيار (Pull-down menus). إذ لا حاجة إلى عمليات التحويل للبيانات كما في المجموعة أو الفئة الثالثة السابقة. ثم إن تراكيب البيانات التي تستخدمها هذه الوظائف النمذجية هي نفس التراكيب في النظام. كما أن هذه النظم وبهذا الإرتباط مع النمذجة العمرانية توفر مجالات رحبة للتطويع (Customization) وإنتاج واجهات تطبيقية. بمعنى أنه يمكن تطوير نماذج عمرانية تحليلية فوق ما هو مقدم في هذه النظم. فنجد في شكل (١١ أ) أن نظام المعلومات الجغرافية يحتوي على حزم وبرامج أو وظائف نمذجية عمرانية، ومن أمثلة هذا النوع برامج المحاكاة الآلية الخلوية (Cellular Automata, CA-MARKOV)، كما في نظام IDRISI (Eastman, 1987-2003). في حين أن بعض نظم المعلومات الجغرافية الحديثة تسمح من خلال طرقها ومكتباتها أو مكوناتها البرمجية (Programming components, and libraries) خاصة المبنية على الأهداف الموجهة (Object-oriented) بالتكامل مع برامج النمذجة العمرانية والبرامج والنظم الأخرى بشرط أن تكون مبنية جميعها بنفس المواصفات البرمجية خاصة الهدفية منها، وتستخدم نفس تراكيب البيانات. ويبين شكل (١١ ب) كيف أن نظم المعلومات الجغرافية تلتقي مع البرامج والحزم الإحصائية والنمذجة العمرانية في تداخل وثيق.



شكل ١١ : إرتباط متين بين نظم المعلومات الجغرافية والبرامج والنظم الأخرى . أ) تضمين نظم المعلومات الجغرافية بطرق ونماذج وحزم نمذجية عمرانية ؛ ب) تبادل قوي للطرق وتراكيب البيانات والمعلومات والبيانات بين نظم المعلومات الجغرافية ونظم وبرامج النمذجة العمرانية والإحصائية . (المصدر : عمل الباحثين) .

من الواضح أن المجموعتين الأوليين تبينان أن الجهد في عملية الدمج بين نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة العمرانية يقعان على كاهل المطورين للبرامج، في حين أن الجهد في المجموعتين الأخيرتين (الثالثة والرابعة) يقع على كاهل المستخدمين، وذلك من خلال عملية التطويع وضمان عملية الربط والأداء الصحيح للتطبيق.

٤ . ٢ . طبيعة الربط ومشاكله بين النمذجة العمرانية ونظم المعلومات الجغرافية :

٤ . ٢ . ١ . التناقض بين طبيعة القضايا العمرانية وطبيعة عمل تطبيقات النظم الحالية :

تقوم النظم في تطبيقاتها الحالية على تجزئة الظواهر العمرانية وترتيبها وفق طبقات من المعلومات الرقمية لتقوم بمعالجتها عن طريق برامج الكمبيوتر. هذا الأسلوب في تجزئة الظواهر العمرانية يتناقض تماما مع طبيعتها المتداخلة والمتشابكة. بهذا المعنى تكون التطبيقات البرمجية تتعامل مع رموز وأجزاء قد لا تمثل الواقع الحقيقي والفعلي للظاهرة العمرانية محل التمثيل. فالخلل يكمن إذا في تصورنا عن الواقع العمراني وتمثيلنا لهذا التصور "المشوش" في تطبيقات النظم والنماذج العمرانية. فالقضية لها مستويان من البحث. المستوى الأول ويتعلق بتقويم تصور الواقع العمراني بإعادة النظر في الأطروحات والفرضيات الضمنية المؤسسة لنظم المعلومات والنمذجة العمرانية (مفاهيم المكان والظاهرة العمرانية ومجتمع المدينة الرقمية). وأما المستوى الثاني فيقضي بعدم التعامل مع تطبيقات النظم والنماذج العمرانية كوسائل تقنية فقط لدراسة الظواهر العمرانية، فتطوير الوسيلة لا يضمن بالضرورة تحسين المنتج. فينبغي إذا التعامل مع النظم والنماذج كعلم قائم بذاته يحتاج إلى تطوير وبناء فرضيات مناسبة ونظريات ملائمة. وفيما يلي بعض الأسس والفرضيات التي يتأسس عليها هذا العلم:

١ - طرح نظري جديد لمفهوم الفراغ العمراني بحيث يتلاءم مع طبيعة العصر المعلوماتية والرقمية.

٢ - البحث في التمثيل الرقمي للفراغ العمراني بحيث يتم فيه ترميز المكان ببعده الفيزيقي وأبعاده الاجتماعية والاقتصادية والسياسية وآلياتها. هذا النوع من التمثيل الرقمي للمكان وما يجري عليه من أنشطة وأحداث سيرفع من كفاءة تطبيقات النظم وصياغة النماذج العمرانية.

٣ - الفراغ العمراني ومجتمع عصر المعلومات: ويقضي هذا العنصر بتوضيح التأثيرات الإيجابية والسلبية للتكنولوجيا الحديثة على المجتمع وفئاته أو أفراده، وطبيعة العلاقات السائدة بينهما. فقد أدت هذه العناصر إلى ظهور أشكال عمرانية جديدة تناسب عصر المعلومات والمدينة الرقمية وأصبحت النماذج العمرانية التقليدية غير قادرة على وصف الواقع العمراني لهذا العصر العمراني الرقمي الجديد. لقد أصبح هذا الواقع الجديد يتطلب سياسات تخطيطية جديدة تراعي التفاعلات المعقدة بين مختلف القوى الاجتماعية والاقتصادية والسياسية والثقافية التي تساهم في صياغة وتشكيل المحيط العمراني الجديد للمدينة الرقمية. فإذا كانت الأشكال العمرانية التقليدية تتميز بمركزية السكان والوظائف وتجانس التركيبة الاجتماعية فإن الأشكال الجديدة تتصف باللامركزية وانتشار السكان والوظائف وتنوع شديد في تركيبتهم الاجتماعية. ثم إن القرارات التخطيطية التي كانت تعدها وتمليها السلطات المركزية في المدينة أضحت في محيط المدينة الرقمية رهينة عدة عوامل اجتماعية ومؤسساتية وقرارات عامة وفردية. وإذا كانت سياسات التطوير العمراني تدعو في السابق إلى الفصل بين الوظائف وتقسيم المناطق فإنها في ظل عصر المعلومات أصبحت تدعو إلى التداخل والتشابك بين مختلف الوظائف والكثافات السكانية العالية لتفعيل مبدأ الاستدامة وتشجيع حركة المشاة أو توصي بأشكال فضفاضة تناسب مستقبل المدن الإلكترونية التي تكاد تلغي المسافات من حساباتها (Mitchell,1995).

من هنا فإن الإطار النظري الجديد لعلم المعلومات الذي يضم تطبيقات النظم والنمذجة العمرانية عليه أن يتناول بالبحث والتحليل الجوانب التالية:

١ - وصف شامل وإحاطة كاملة بالشكل العمراني الجديد الذي يتمخض عن مدينة عصر المعلومات.

٢ - تحليل آليات اشتغال المجتمع العمراني الجديد وعناصر نظامه والقوى التي تساهم في بلورته وصياغته.

٣ - تحليل السياسات العمرانية والقرارات التخطيطية التي تضبط الفراغ العمراني الرقمي وتقود مساره وترفع كفاءته وتحسن أداءه.

٤ . ٣ . الإتجاهات الجديدة للنمذجة العمرانية :

٤ . ٣ . ١ . التحول من نمط المدينة الصناعية إلى نمط المدينة الرقمية أو المعلوماتية :

لاشك أن الأشكال العمرانية للمدينة الناتجة عن الثورة الصناعية تختلف عن الأشكال العمرانية للمدينة المنبثقة عن عصر التكنولوجيا والمعلومات. وبالتالي فإن النماذج التي وضعت للأولى سوف لن يكون بمقدورها حصر وضبط تطور استعمالات الأراضي في نمط مدينة عصر المعلومات الرقمية. فعلى سبيل المثال فإن نماذج لوري وغارين الخاصة بتغير استخدامات الأراضي العمرانية ونموذج المدخلات والمخرجات في اقتصاديات المدينة سوف لن يقدما فهما يحيط بتعقد استعمالات الأراضي في مدن عصر المعلومات.

فمدينة اليوم هي مدينة رقمية تطغى عليها تكنولوجيا الاتصالات وتبادل المعلومات. فإذا كانت المدينة في السابق تحتاج إلى شبكة طرق ضخمة وآليات سيارة لتبادل السلع ونقل البضائع فإن مدينة اليوم (المدينة الرقمية) أصبحت بحاجة ماسة لشبكة إلكترونية عنكبوتية وفضاءات وهمية لتدفق سلعها غير المرئية وتناقلها بين الأشخاص والهيئات. هذه الثورة الرقمية غيرت تماما وسائط

نقل المعلومات وتبادلها وغيرت معها أنماط استعمالات الأراضي واستخداماتها. فالفصل الذي كان سائدا بين العديد من الاستخدامات العمرانية لم يعد ضروريا في نمط المدينة الرقمية. وهذا ما أدى إلى تغير أشكال المدينة واستعمالات الأراضي بها مما يستدعي صياغة أنماط جديدة من النماذج العمرانية لأن النماذج التقليدية أصبحت عاجزة عن الإحاطة بهذه الأشكال الجديدة للمدينة المعلوماتية أو مدينة الرقائق الإلكترونية بتعبير ميتشل The city of bits (Mitchell,1995) .

٤ . ٣ . ٢ . التحول من تصور المدينة ككائن آلي إلى تصورها ككائن بيولوجي :

في نمط المجتمع الصناعي كانت النماذج العمرانية تقوم على قانون ولسون في التعادل الحراري مركزة بذلك على جانب التقنية وتركيب عناصر المدينة بدلا من التركيز على جوهر النموذج ودلالات عناصره. فإذا كانت المدينة في السابق تستلهم صورها ومفاهيمها من صورة ومفهوم الآلة الميكانيكية، فإن مبادئ نماذجها ونظمها كانت تعتمد تبعا لذلك على مبادئ الفيزياء النيوتونية كمبدأ مركز الثقل والتوازن الحراري. هذه المبادئ لم تعد كافية ولا مجدية في حصر مدينة اليوم التي أصبحت مفاهيمها وصورها مستوحاة من الكائنات العضوية والصور البيولوجية. ولهذا نجد أن النماذج الجديدة تتبنى مبادئ الحياة البيولوجية كالمحاكاة الخلوية الآلية (Cellular Automata) والنمو المتوالد وفق مبادئ الهندسة الكسرية (Fractal geometry). وعليه فقد أصبحت نماذجها تستوحي مبادئ عملها من مفاهيم "لعبة الحياة والموت" حسب تعبير كونوي Conway's Game of Life، وغيرها من المفاهيم والقوانين (Rules) كما في مبدأ المحاكاة الخلوية Cellular Automata (CA).

٤ . ٣ . ٣ . تنامي دور القطاع الخاص في التخطيط :

إن أحد أهم العوامل التي استدعت ضرورة اندماج تطبيقات النظم مع

النماذج العمرانية، هو تضاؤل دور القطاع العام في إعداد المخططات العامة وتنامي دور القطاع الخاص واهتمامه بالمخططات التنفيذية والمحلية. ففي السابق كانت المصلحة العامة هي أساس الاجتماع العمراني وعنها تتفرع تنازليا باقي المصالح الفرعية والمحلية إلى أسفل الهرم حيث يتم تحقيق المصالح الخاصة للفئات والأفراد. هذا الأسلوب في الطرح تناسبه النماذج العامة الشاملة التي تضبط أدوات التخطيط المتمثلة في المخططات الهيكلية والمخططات التوجيهية العامة. أما اليوم فإن تطور المجتمع أدى إلى بروز دور أكبر للقطاع الخاص واهتمام متزايد بمصالحه كعناصر أساسية في العملية التخطيطية التي تركز على المستوى المحلي والمتغيرات الجزئية لتتصاعد تدريجيا حتى تحقق المصالح العامة على المستوى العام والشامل. نتيجة لذلك أصبحت طبيعة المعلومات المطلوبة مختلفة عما كانت عليه وصارت طبيعة النماذج مغايرة أيضا لما اعتاد عليه المختصون في الستينيات والسبعينيات. فالقطاع الخاص يوجه همه الأكبر نحو تحقيق أوفر قدر من الأرباح وعليه كانت الدراسات التي يوليها كل عنايته هي دراسات السوق والجدوى الاقتصادية. فطبيعة المعلومات التي تعني تخصصات كهذه هي نوع المعلومات الخاصة بالتركيبة البشرية في منطقة الدراسة وحجم المبادلات ونطاقات الخدمة والسوق. أما النماذج التي يتعامل معها فهي نماذج في مجال التسويق والرحلات والاستقطاب. فالتخطيط الاستراتيجي الطويل المدى الذي كانت تعده الهيئات الحكومية قد تمت الاستعاضة عنه بالتخطيط قصير المدى الذي يغلب عليه جمع البيانات وإدارة المعلومات، باستخدام العديد من النظم والبرامج بشكل تكاملي.

٤ . ٣ . ٤ . محددات الشكل العمراني لمدينة عصر المعلومات :

يتحدد الشكل العمراني لمدينة عصر المعلومات بتفاعل تكنولوجيا المعلومات الرقمية مع متطلبات واحتياجات مختلف الفئات الاجتماعية المشكلة لفسيفساء

مجتمع المدينة ومراعاة مبدأ التنمية المستدامة والمدينة الايكولوجية. فطغيان تكنولوجيا الاتصالات الرقمية في عالم اليوم غيّر كثيرا من مفاهيمنا التقليدية عن الزمان والمكان. فبإلغاء المسافات، تغيّر مفهوم المكان وجغرافية العمران وظهرت العلاقات التفاعلية والمتابعة اللحظية لأحداث مختلفة وفي أماكن متعددة في نفس الوقت. فالمدينة التي تغير فيها مفهوم المكان العمراني ستتغير فيها تبعا لذلك أنماط توزيع استعمالات الأراضي بها وبالتالي تتغير نماذج العمران المستعملة سابقا لضبط هذه الاستعمالات. فمدينة اليوم أصبحت مدينة شبكات ورقائق وعوالم افتراضية تحتل فيها تدفقات المعلومات غير المرئية وغير المحسوسة حيزا كبيرا. وهذا ما يجعل من عملية النمذجة العمرانية أمرا له صعوبته على الباحثين، بالرغم من تميزه بالإثارة والتحدي.

إن السياسات العمرانية للمدينة الرقمية لهذا العصر ينبغي لها أن تسعى لتحقيق أهداف أساسية ثلاثة:

١ - الفعالية الاقتصادية Economic soundness

٢ - العدالة الاجتماعية Social justice

٣ - الاستدامة البيئية Environmental sustainability

٥ - خلاصة وتوصيات :

لقد عرضت هذه الورقة ملخصاً لأنواع النماذج العمرانية وتطورها وتطبيقاتها ومشاكلها ومجالات تطبيقها بنظم المعلومات الجغرافية. ولقد رأينا أنه بالرغم من التطور التقني بالذات في النمذجة كأدوات وتطبيقات، إلا أن المشكلة تكمن أساساً في التصور المنطقي الأساسي للواقع كنموذج، فالواقع يتصف بديناميكية عالية ومعقدة تستلزم إعادة النظر في النماذج العمرانية السابقة والحالية للخروج بنماذج ذكية (Intelligent) تحاكي الواقع بكثير من المصداقية. بل والمشكلة الأكبر الآن ومستقبلاً تكمن في كون الواقع العمراني يأخذ شكلاً غير تقليدياً في ظل عصر المعلومات والعولمة وهذا يتطلب تطوير نماذج يقوم بنائها المنطقي والعملي على معطيات رقمية حيوية بحيث تُنفذ هذه النماذج بآليات ديناميكية وأساليب تفاعلية ضمن ما يعرف بنظم صنع القرار (Decision Support Systems) للوصول إلى قرارات صحيحة أو مقبولة على أقل تقدير. إن مدينة اليوم تختلف تمام الاختلاف عن المدينة التقليدية وعليه فإن نماذج هذه المدينة لابد لها أن تختلف اختلافا جذريا عن معظم النماذج التي تم تطبيقها على مدينة القرن العشرين. إن مدينة اليوم هي مدينة عصر المعلومات والتقنية الرقمية والاتصالات وهي مدينة تتوخى مبدأ الاستدامة والمحافظة على بيئتها من مصادر التلوث وهي أيضا مدينة تسعى لأنسنة فراغاتها من خلال تركيزها على مبادئ التطوير الذكي Smart growth development. هذه الاعتبارات والقضايا الجديدة هي التي ينبغي أن تشكل حجر الزاوية في صياغة النماذج العمرانية لمدينة اليوم الرقمية.

هذا يعني أن عملية التطوير تتجاوز ما هو مقدم من نماذج وتقنيات حالية هنا وهناك. ومما يشجع في هذا الإطار والتوجه، هو تطور الجوانب التقنية والبرمجية خاصة في مجال تقنية الأهداف الموجهة (Object-Oriented

Technology) التي تصف الظواهر على أنها أهداف ذكية، ذلك كونها تصف الظاهرة وسلوكها في آن واحد، كما هي عليه فعلاً في الواقع. وعلى هذا يمكن الموازنة بين الإطارات النظرية للنماذج وهذه التقنيات، للخروج بقرارات وسياسات صائبة، وهذا أهم أهداف النماذج، بل وفوق ذلك تقديم نماذج يستطيع المجتمع أن يفهم لغتها ويقدرها بحيث يمكن بناء مجتمع مدني يتمحور حول القضايا الإنسانية (Sui, 1998).

الأمر أكثر إثارة والذي ينبيء بتكامل تام بين نظم المعلومات الجغرافية وبين النماذج العمرانية هو تطور هذه النظم ضمن منظومة تقنية الأهداف الموجهة التي تشمل نماذج ونظم قواعد البيانات والبرمجة والواجهات الهدفية (OOI) التي سهلت تعامل المستخدمين والمطورين في استخدام وتطوير التطبيقات (Applications). وكما رأينا وكما هو متوقع في ظل هذا التطور وفي ظل طبيعة البيانات المكانية (Spatial Data) التي يشترك فيها المخططون والجغرافيون، فإننا سوف نشهد تعاونًا ضمن هذا التكامل وكما تمليه طبيعة هذه التطبيقات النمذجية، خاصةً في ظل تنامي دور نظم المعلومات الجغرافية وسرعة انتشارها وتبنيها كأداة تخطيطية بالغة الكفاءة. وبهذا نتوقع الخروج بنماذج أقل ما يمكن أن نطلق عليها بالنماذج الذكية (Intelligent Models)، ذلك أنها نماذج تصور الواقع كما هو وبهذا يمكن أن نفهم الواقع بشكل أعمق بهذا الطرق الديناميكية الذكية والمثيرة. وبكلمة أخرى جامعة، يمكن لنا أن نقول أن النمذجة العمرانية سوف تكون في ترابط تام مع نظم المعلومات الجغرافية، بخلاف السابق، إذ ليس من المستغرب أن نجد حزم داخلية (Modules) خاصة بالنمذجة العمرانية ضمن نظم المعلومات الجغرافية وتحت هذا المسمى بالذات، بالرغم أن ما تقدمه هذا النظم حاليًا في النمذجة فعالًا ومع ذلك فالمقصود هو أن نجد نماذج (Models) جاهزة تسهل مهمة المستخدم في مجال النمذجة العمرانية.

وبالرغم من أن مدن الوطن العربي تشهد نموا عمرانيا كبيرا ومشاكل عمرانية متفاقمة، إلا أن هذه المدن تفتقر لنماذج تصاغ على ضوئها السياسات التخطيطية لمواجهة تحديات المدينة وحل مشاكلها. من هنا فإنه من الضروري سد هذا النقص والعمل على إعداد نماذج تضبط عملية التمدد العمراني وتوجه السياسات العمرانية والقرارات التخطيطية التي ينبغي اتخاذها والعمل بها.

ولأجل هذا لابد من جمع كم هائل من البيانات وإدخالها إلى الكمبيوتر لمعالجتها وتصنيفها وإدارتها. ولا مناص لأي مدينة من إعداد خرائط استعمالاتها وإدخال تطبيقات النظم عليها حتى يتسنى معالجة نماذجها بفعالية ودقة أكبر.

وإنه لأمر يبعث على الحسرة والاندهاش أن نجد أن أغلبية الدراسات التي تجرى على المدن العربية تستند في تنبؤاتها على نماذج بسيطة جدا تعوزها الدقة في كثير من الأحيان. فالتقديرات السكانية لمدينة غالبا ما تتم بشكل غير دقيق مما يجعل كل ما ينبني على هذه التقديرات غير دقيق أيضا. ولعل مثال مدينة الرياض أحسن دليل على ذلك. فقد كانت التقديرات الأولى لسكانها لا يزيد عن مليون ونصف نسمة في الوقت الراهن في حين أن تعداد السكان حاليا هو أربعة ملايين ونصف (المخطط الاستراتيجي لمدينة الرياض ١٤٢٤هـ).

٦ . المراجـع

الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض: "المخطط الاستراتيجي الشامل: التقارير النهائية- استراتيجية الإسكان" المجلد ٥-١٣، ١٤٢٤هـ.

Allen, P., and Sanglier, M., 1979. A Dynamic model of growth in a central place system. *Geographical Analysis*, Vol. 11, No. 3, pp. 256-272.

Allen, P., Clarke, N., and Perez-Trejo, S., 1992. Strategic planning of complex systems. *Review of Political Economy*, Vol. 4, No. 3, pp. 275-29

Alonso. W. 1964. *Location and Land Use*. Cambridge: Harvard University Press.

Anas,Alex. 1987. *Models in Urban and Regional Economics*. Chur, Switzerland: Harwood Academic Publishers.

Aspinall, R. 1994. "Use of GIS for Interpreting *Land-Use Policy and Modeling Effects of Land Use Change*." *In Landscape Ecology and Geographic Information Systems,* eds. R.Haines-Young, D.R. Green and S. Cousins, 223-236. London: Taylor and Francis.

Batty, Michael. 1978. Urban Models in the Planning Process. In Geography and the Urban *Environment: Progress in Research and Applications*, vol I, ed. D.T. Herbert and R.J. Johnson. New York: John Wiley and Sons.

Batty, M., A.S. Fotheringham, and P.A. Longley. 1989. "Urban Growth and Form: Scaling, Fractal Geometry, and Diffusion-Linked Aggregation." *Environment and Planning A* 21: 1447-1472.

Batty, M. and P. Longley. 1996. "Analytical GIS: The Future." In *Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment*, eds. P. Longley and M. Batty, 345-352. Cambridge: Geoinformation International.

Batty, M., and Longley, P., 1994. *Fractal Cities: A Geometry Form and Function*, London: Academic Press.

Brooks, K., London, J., Henry, M., and Singletary, M., 1993. Analysis and simulation of employment and income impacts of infrastructure investments in a state-wide GIS framework. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 17, pp. 129-151.

Bura, S., Guerin-Pace, F., Mathian, F., Pumain, D., and Sanders, L., 1996. Multi-agents systems and dynamics of a settlement. *Geographical Analysis*, Vol. 28, No. 2, pp. 161-178.

Carter, H., 1981. The *Study of Urban Geography*. Edward Arnold, Victoria, Australia.

Clarke, M., Forte, P., Spowage, M., and Wilson, A., 1984. A strategic planning simulation model of a district health service system: the in-patient component and results. In: van Elmeren, W., Enggelbrecht, R. and Flage, C.D. (eds) *System Science in Health Care*, Berlin: Springer-Verlag.

Clarke, M., and Spowage, M., 1985. Integrated models for public policy analysis: an example of the practical use of simulation models in health care planning. *Papers of Regional Science Association*, Vol. 55, pp. 25-45.

Clarke, K., Brass, J., and Riggan, P., 1994. A Cellular Automaton Model of Wild Fire Propagation and Extinction. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 60, pp. 1355-1367.

Couclelis, H., 1997. From cellular automata to urban models: New principles for model development and implementation. *Environment and Planning B*, Vol. 24, pp. 165-174.

Eastman, J., 1987-2003, IDRISI, Clark Labs, Clark University, M. USA.

ESRI, 1999-2003. ArcGIS. Environmental System Research Institute, Inc., (ESRI), Redlands, CA, U.S.A.

Fischer, M. and P. Nijkamp. 1993. Design and Use of Geographic Information Systems and Spatial Models. In: M. Fischer and P. Nijkamp (eds.), *Geographic Information Systems, Spatial Modeling, and Policy Evaluation*. Berlin: Springer-Verlag, pp, 3-13.

Goodchild, M., Parks, B., and Steyaert, L., (editors), 1993. *Environmental Modeling with GIS*. New York: Oxford University Press.

Goodchild, M., Parks, B., and Steyaert, L., (editors), 1996. GIS and *Environmental Modeling: Progress and Research Issues*. New York: Oxford University Press.

Harris, Brittton. 1968. Quantuitative Models of Urban Development: their role in Metropolitan Policy Making. In *Issues in Urban Economics*, ed. Harvey S. Perloff and Lowdon Wingo, Jr. Baltimore: John Hopkins.

Harris, Brittton. 1985. Urban Simulation Models in Regional Science: *Journal of Regional Science* , Vol. 25, No.4, pp. 545-68.

Haslett, J., Wills, G., and Unwin, A., 1990. SPIDER - An interactive statistical tool for the analysis of spatially distributed data. *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 4, pp. 285-296.

Lee, Douglas B., Jr. 1973. Requiem for large-scale models. *Journal of the American Institute of Planners* , Vol. 39, pp. 163-78.

Mitchell, W., 1995. *The City of Bits: Space, place, and Infobahn*. Cambridge, MA.: The MIT Press.

Mitasova, H., and Mitas, L., 1998. Process Modeling and Simulation. *NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science,* Unit 130. University of California at Santa Barbara, CA, U.S.A.

Molchanov, S. A., and Woyczynski, W. A., (eds.) 1997. *Stochastic Models in Geosystems*. Series: The IMA Volumes in Mathematics and Applications, Vol. 85. New York: Springer Verlag.

Nelson, B. L., 1995. *Stochastic Modeling: Analysis and Simulation*. McGraw-Hill, New York.

Openshaw, S., 1991. Developing appropriate spatial analysis methods for GIS. In D. Maguire, M. Goodchild, and D. Rhind (eds), *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. London: Longman, Vol. 1, pp. 389-402.

Park, S., and Wagner, D., 1997. Incorporating Cellular Automata Simulation as Analytical Engines in GIS. *Transactions in GIS,* Vol. 2, No. 3, pp. 213-231.

Pumain, S., Sanders, L., and Saint-Julien, T., 1989. *Villes et Auto-organisation*. Paris: Economica.

Rodrigue, Jean-Paul, (2005) The Geography of Transport Systems, Chapter 6 Urban Transportation, The Lowry Model. Web last accessed Nov 12 2005. http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch6en/meth6en/ch6m2en.html.

Sanders, L., 1996. Dynamic modeling of urban systems. In Fisher, M., Scholten, H., and Unwin, D., (eds) *Spatial Analytical Perspectives on GIS*, London: Taylor & Francis, pp. 229-244.

Sayer, R. Adrew. 1976. A Critique of Urban Modeling From Regional Science to Urban and Regional Political Economy. *Progress in Planning*. Vol. 6, No. 3, pp. 187-254.

Shaw, S., 1993. GIS for urban travel demand analysis: requirements and alternatives. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 17, pp. 15-29.

Sui, D., and Lo, C., 1992. A model-based GIS approach for urban development simulation. *GIS/LIS'92*, Vol. 2, pp. 737-746.

Sui, D., 1998. GIS-based urban modeling: practices, problems, and prospects. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 12, No. 7, pp. 651-671.

Wegener, M., 1994. Operational urban models: state of the art. *Journal of the American Planning Association,* Vol. 60, pp. 17-29.

Wegener, M., 2000. Spatial Models and GIS. In Fortheringham, A.S., and Wegener, M. (Eds.). *Spatial Models and GIS* - New Potential and New Models. GISDATA 7, Taylor & Francis. pp. 3-20.

White, R., and engelen, G., 1994. Cellular Dynamics and GIS: Modeling Spatial Complexities. *Geographical Systems*, Vol. 1, pp. 237-253.

Wolfram, S., 1984. Universality and Complexity in Cellular Automata. *Physica*, 10D, pp. 1-35.